

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

SUELI ELISA KULLMANN

**INFLUÊNCIA DA ASSISTÊNCIA A AR NA DISTRIBUIÇÃO VOLUMÉTRICA DE
DUAS PONTAS DE PULVERIZAÇÃO**

**Alegrete
2021**

SUELI ELISA KULLMANN

**INFLUÊNCIA DA ASSISTÊNCIA A AR NA DISTRIBUIÇÃO VOLUMÉTRICA DE
DUAS PONTAS DE PULVERIZAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Agrícola da Universidade Federal do
Pampa, como requisito parcial para
obtenção do Título de Bacharel em
Engenharia Agrícola

Orientador: Vilnei de Oliveira Dias

**Alegrete
2021**

K96i Kullmann, Sueli Elisa

Influência da assistência a ar na distribuição volumétrica de duas pontas de pulverização / Sueli Elisa Kullmann.

46 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) --
Universidade Federal do Pampa, ENGENHARIA AGRÍCOLA,
2021.

"Orientação: Vilnei de Oliveira Dias".

1. Tecnologia de aplicação. 2. Perfil de deposição.
3. Coeficiente de variação. I. Título.

SUELI ELISA KULLMANN

INFLUÊNCIA DA ASSISTÊNCIA A AR NA DISTRIBUIÇÃO VOLUMÉTRICA DE DUAS PONTAS DE PULVERIZAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Agrícola

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 27 de setembro de 2021.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Vilnei de Oliveira Dias
Orientador
UNIPAMPA

Prof. Dr. José Gabriel Vieira Neto
UNIPAMPA

Engenheiro Agrícola Giulian Rubira Gautério
UNIPAMPA



Assinado eletronicamente por **VILNEI DE OLIVEIRA DIAS, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 01/10/2021, às 10:04, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **JOSE GABRIEL VIEIRA NETO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 01/10/2021, às 10:10, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **GIULIAN RUBIRA GAUTERIO, ENGENHEIRO-AREA**, em 01/10/2021, às 10:23, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0628798** e o código CRC **8E316843**.

Dedico este trabalho a Crístian Müller,
meu companheiro de vida e maior
incentivador.

AGRADECIMENTO

A Universidade Federal do Pampa pela oportunidade de realização do Curso de Engenharia Agrícola.

Ao Prof. Dr. Vilnei de Oliveira Dias pela orientação, sabedoria e amizade durante estes anos.

Aos demais professores que tive o prazer de conhecer ao longo do curso, também fica meu agradecimento pelos ensinamentos.

Aos Técnicos Jhon Pablo Lima Cornélio, Diogo Silveira Kersten e Lisandro Oliveira Freitas pela colaboração e auxílios prestados na execução dos experimentos.

Agradeço a meus familiares, pelo apoio e confiança.

A todos os colegas de curso, em especial a Vanessa Bassin Cogo e Quevin de Abreu Marques, pela parceria nestes cinco anos de convivência.

Por fim, agradeço a todos que fizeram parte desta caminhada e que mesmo indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes velocidades de vento ambiente e da assistência a ar na barra no perfil de distribuição volumétrico individual e sobreposto de duas pontas de pulverização de jato leque plano. O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Mecanização Agrícola do Pampa (LAMAP) localizado na Universidade Federal do Pampa (Unipampa) na cidade de Alegrete (RS), com um pulverizador hidráulico com sistema de assistência a ar na barra de pulverização. A análise da distribuição volumétrica foi feita por meio do emprego de mesa de checagem de distribuição com as pontas API 11003 e JAP 11002 e uma pressão de pulverização de 413,7 kPa. Para compor os tratamentos, foram combinadas três velocidades da assistência a ar: 0, 15 e 28 km h⁻¹, com vento ambiente em três velocidades: 0, 8 e 12 km h⁻¹ em delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro repetições. As sobreposições foram simuladas a partir do padrão de distribuição individual das pontas, sendo que a homogeneidade da distribuição do líquido na barra foi avaliada com base no coeficiente de variação (CV). Verificou-se que a uniformidade da distribuição volumétrica das pontas foi influenciada pelos ventos ambiente e assistente, sendo que a presença da assistência a ar promoveu menores valores de CV, com destaque para a velocidade máxima do vento assistente utilizada.

Palavras-Chave: Tecnologia de aplicação. Perfil de deposição. Coeficiente de variação.

ABSTRACT

The work will aimed to evaluate the effect of different speeds of environmental wind and air assistance on the individual volumetric distribution profile and superimposed for two flat fan spray nozzles. The work was be developed at the Agricultural Mechanization Laboratory of Pampa (LAMAP) located at the Federal University of Pampa (Unipampa) in the city of Alegrete (RS), with an air assistance boom sprayer. The analysis of the volumetric distribution was performed using a distribution testing table with the spray nozzles API 11003 and JAP 11002, and spray pressure of 413.7 kPa. The procedure consisted of three air assistance speeds: 0, 15 and 28 km h⁻¹, with three ambient wind speeds: 0, 8 and 12 km h⁻¹. The overlays were simulated from the pattern of individual spray nozzles distribution and the homogeneity of the liquid distribution was evaluated based on the variation coefficient. It was found that the uniformity of the spray nozzles volumetric distribution was influenced by the air assistance and environment wind, whereas the air assistance usage promoted the lowest values of the variation coefficient, with emphasis on its maximum speed.

Keywords: Application technology. Deposition profile. Variation coefficient.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação da cobertura oferecida pela pulverização com diferentes tamanhos de gota.....	17
Figura 2 - Representação gráfica da direção e deposição das gotas sobre um alvo.	18
Figura 3 - Imagem ilustrativa dos padrões dos jatos de pulverização: (a) leque ou jato plano; (b) cone vazio e (c) cone cheio.....	19
Figura 4 - Esquema de funcionamento de ponta com indução de ar.	20
Figura 5 - Pulverizador com sistema de assistência a ar na barra.	22
Figura 6 - Representação do perfil de distribuição volumétrica de diferentes tipos de pontas: (a) ponta de jato leque ou jato plano; (b) ponta de jato cônico vazio.....	24
Figura 7 - Conjunto trator-pulverizador. Trator da marca New Holland, modelo TL 75 e pulverizador modelo Falcon Vortex 600®.	27
Figura 8 - Mesa de checagem para análise da distribuição volumétrica das pontas, confeccionada com base na norma ASTM E641-01.	29
Figura 9 - Esquema da posição da mesa de checagem, dos ventiladores e da barra de pulverização	30
Figura 10 - Modelos de pontas de pulverização: (a) API 11003; (b) JAP 11002.....	30
Figura 11 - Perfis de distribuição volumétrica da ponta API 11003 trabalhando isoladamente com: (a) vento ambiente (VA) a 0 e 8 km h ⁻¹ e três velocidades da assistência a ar (VX); (b) vento ambiente (VA) a 0 e 12 km h ⁻¹ e três velocidades da assistência a ar (VX).	33
Figura 12 - Perfis de distribuição volumétrica da ponta JAP 11002 trabalhando isoladamente com: (a) vento ambiente (VA) a 0 e 8 km h ⁻¹ e três velocidades da assistência a ar (VX); (b) vento ambiente (VA) a 0 e 12 km h ⁻¹ e três velocidades da assistência a ar (VX).	34
Figura 13 - Perfis de sobreposição da ponta API 11003, com espaçamento de 0,50 m, na presença de vento ambiente (VA) e da assistência a ar (VX): (a) VA a 8 km h ⁻¹ e VX a 0 km h ⁻¹ ; (b) VA a 8 km h ⁻¹ e VX a 15 km h ⁻¹ ; (c) VA a 12 km h ⁻¹ e VX a 0 km h ⁻¹ ; (d) VA a 12 km h ⁻¹ e VX a 15 km h ⁻¹	35
Figura 14 - Perfis de sobreposição da ponta API 11003, com espaçamento de 0,50 m, na presença de vento ambiente (VA) e da assistência a ar (VX): (a) VA a 8 km h ⁻¹	

e VX a 0 km h⁻¹; (b) VA a 8 km h⁻¹ e VX a 28 km h⁻¹; (c) VA a 12 km h⁻¹ e VX a 0 km h⁻¹; (d) VA a 12 km h⁻¹ e VX a 28 km h⁻¹.....35

Figura 15 - Perfis de sobreposição da ponta JAP 11002, com espaçamento de 0,50 m, na presença de vento ambiente (VA) e da assistência a ar (VX): (a) VA a 8 km h⁻¹ e VX a 0 km h⁻¹; (b) VA a 8 km h⁻¹ e VX a 15 km h⁻¹; (c) VA a 12 km h⁻¹ e VX a 0 km h⁻¹; (d) VA a 12 km h⁻¹ e VX a 15 km h⁻¹.....36

Figura 16 - Perfis de sobreposição da ponta JAP 11002, com espaçamento de 0,50 m, na presença de vento ambiente (VA) e da assistência a ar (VX): (a) VA a 8 km h⁻¹ e VX a 0 km h⁻¹; (b) VA a 8 km h⁻¹ e VX a 28 km h⁻¹; (c) VA a 12 km h⁻¹ e VX a 0 km h⁻¹; (d) VA a 12 km h⁻¹ e VX a 28 km h⁻¹.....37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Especificações das pontas.....	31
Tabela 2 - Coeficiente de variação (CV%) da distribuição volumétrica obtido com vento ambiente e vento da assistência a ar para a ponta API 11003.....	38
Tabela 3 - Coeficiente de variação (CV%) da distribuição volumétrica obtido com vento ambiente e vento da assistência a ar para a ponta JAP 11002.....	39
Tabela 4 - Resultado da comparação das médias dos coeficientes de variação (CV%) entra as pontas API 11003 e JAP 11002 pelo teste t pareado	40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS.....	15
1.1.1 OBJETIVO GERAL.....	15
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE DEFENSIVOS	16
2.1.1 PONTAS DE PULVERIZAÇÃO	18
2.2 AVALIAÇÃO DA EFICÁCIA EM APLICAÇÕES TERRESTRES	20
2.3 ASSISTÊNCIA A AR NA BARRA DE PULVERIZAÇÃO	22
2.4 DISTRIBUIÇÃO VOLUMÉTRICA DE PONTAS DE PULVERIZAÇÃO	24
3 MATERIAL E MÉTODOS	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 PERFIL DE DISTRIBUIÇÃO VOLUMÉTRICO INDIVIDUAL DAS PONTAS.....	32
4.2 UNIFORMIDADE DA DISTRIBUIÇÃO VOLUMÉTRICA EM BARRA TOTAL ...	34
5 CONCLUSÕES	41
REFERÊNCIAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

O ganho de produtividade nas atividades desenvolvidas na produção agrícola está diretamente atrelado à aplicação de defensivos agrícolas, tendo em vista que a entrada de pragas, doenças e plantas daninhas acaba por gerar grandes prejuízos. Conforme a FAO (2021), pragas, doenças e infestações causaram 9% de todas as perdas da produção agrícola e pecuária no período de 2008 a 2018, com prejuízos anuais de US\$ 314 bilhões em apenas seis países (Brasil, EUA, Austrália, Índia, África do Sul e Reino Unido). Diante desta problemática, é necessário adotar medidas que visem não só melhorar a performance, mas assegurar uma aplicação econômica e que não cause danos ao ambiente.

Os esforços para se obter uma aplicação mais eficiente concentram-se na busca por uma distribuição uniforme do produto no alvo e na minimização das perdas por deriva. A utilização de pontas que produzem gotas finas é uma alternativa para melhorar a qualidade da cobertura. Além disso, apresentam maior facilidade em penetrar na cultura, atingindo as partes inferiores da planta, auxiliando no combate de doenças como, por exemplo, a ferrugem asiática da soja.

No entanto, as perdas por deriva utilizando gotas finas são mais acentuadas, principalmente considerando condições climáticas desfavoráveis, como velocidades altas do vento ambiente e baixa umidade relativa do ar, fazendo com que a janela de aplicação fique reduzida. Diante disso, barras de pulverização com assistência a ar surgiram como alternativa para facilitar a aplicação e melhorar a distribuição da calda. Segundo Raetano (2002), esse sistema aumenta a produtividade, pois é possível utilizar menores volumes de calda, reduzindo os reabastecimentos e permite ainda, operar em maiores velocidades de deslocamento em uma faixa de horário maior.

O sistema de assistência a ar produz uma cortina de ar ao longo da barra e assim, auxilia no direcionamento das gotas até o alvo, minimizando os efeitos climáticos presentes durante a pulverização. Além de reduzir a deriva, o vento produzido na barra movimentada as folhas, facilitando a penetração das gotas no dossel, obtendo melhor controle de insetos e fungos instalados na parte inferior da planta.

Outra medida que pode ser utilizada para diminuir as perdas durante a aplicação é a adoção de pontas de pulverização com sistema de indução de ar.

Essas pontas permitem a formação de gotas maiores e conseqüentemente, conseguem atingir o alvo com maior facilidade, no entanto, quanto maior for o tamanho das gotas mais prejudicada ficará a qualidade da cobertura e menos eficiente será a penetração da calda pulverizada no alvo (CONTIERO *et al.*, 2012). Diante do exposto, percebe-se que a pulverização envolve diversas variáveis que precisam ser consideradas, analisadas e se possível ajustadas, para garantir o sucesso dessa atividade. Assim, ao adotar técnicas que visam o aprimoramento da uniformidade da aplicação é possível reduzir os custos, com menores volumes de pulverização, bem como o desperdício do produto no ambiente.

Portanto, o estudo dos padrões de deposição de pontas de pulverização em condições operacionais e ambientais contrastantes se torna importante, pois auxilia na tomada de decisão e na otimização operacional dos pulverizadores.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito de diferentes velocidades de vento ambiente e da assistência a ar na barra sobre o perfil de distribuição volumétrico de duas pontas de pulverização de jato leque plano.

1.1.2 Objetivos específicos

- i. Analisar o perfil de distribuição individual e combinado das pontas estudadas.
- ii. Verificar se há efeito do vento ambiente na distribuição volumétrica de duas pontas de pulverização estudadas.
- iii. Verificar se há efeito do vento assistente na distribuição volumétrica de duas pontas de pulverização estudadas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Tecnologia de aplicação de defensivos

O termo tecnologia, segundo Almeida (2014), consiste no emprego de conhecimentos científicos a um processo produtivo. Portanto, tecnologia de aplicação pode ser entendida como a aplicação de um produto químico por meio de um equipamento adequado, buscando realizar o controle do alvo biológico com eficiência, economia e segurança (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2006). O conceito de tecnologia de aplicação é definido por Campos (2019), como um processo em que o produto químico é colocado em um alvo, sendo que quanto maior a quantidade de produto atingir a superfície, maior será a sua ação.

Os métodos de aplicação são classificados em: aplicação de sólidos, aplicação de líquidos e aplicação de gases, sendo a aplicação por via líquida a mais utilizada por meio de pulverizadores (CHAIM, 1989). Os pulverizadores hidráulicos são amplamente utilizados para a aplicação de defensivos, pois possibilitam a distribuição rápida dos diferentes tipos de produtos: herbicidas, fungicidas, inseticidas, entre outros (ALVARENGA, 2009).

Atualmente existem diferentes tipos de pulverizadores hidráulicos, que vão desde os mais simples, do tipo costal manual, até equipamentos mais sofisticados, como os autopropelidos providos com controladores eletrônicos (ALVES, 2016). Independentemente do tipo de equipamento, a aplicação de defensivos requer uma distribuição homogênea e espectro de gotas adequado.

De acordo com Santos (2005), a tecnologia de aplicação se fundamenta em dois princípios: a) pulverização, entendido como o processo físico-mecânico que transforma uma substância líquida em partículas ou gotas e b) aplicação, definida como a deposição do ingrediente ativo sobre o alvo. Segundo o mesmo autor, a análise e utilização das definições anteriores estão relacionadas com o sucesso e consequências na utilização dos defensivos agrícolas.

Para Maia (2009), as aplicações de defensivos requerem que o produto atinja o alvo, sem desvio durante a trajetória e que possa cumprir seu papel sem ser escorrido, evaporado ou não absorvido. Portanto, o sucesso da aplicação e o controle estão atrelados com a correta seleção das pontas, volume de calda,

parâmetros operacionais, condições ambientais, momento da aplicação e o estudo das relações entre o tipo de alvo e a forma de ação do defensivo (ANTUNIASSI; BAIO, 2008). Segundo os autores, a decisão dependerá se o alvo é uma praga, doença ou planta daninha; em qual parte da planta está localizado e se o produto é de ação sistêmica ou de contato.

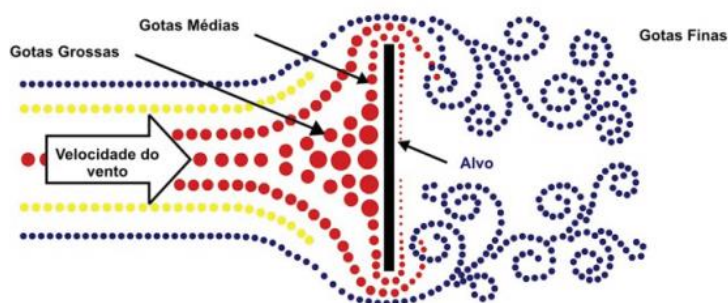
Ao optar por gotas grossas há a vantagem de diminuir os riscos por deriva, em contrapartida a cobertura será prejudicada. Por outro lado, gotas finas proporcionam maior cobertura (Figura 1) e penetração no dossel (Figura 2), porém são mais suscetíveis às condições climáticas (BAESSO *et al.*, 2014). A escolha do tamanho da gota também está atrelada com a forma de ação do produto, de tal modo que a aplicação de defensivos de ação não sistêmica necessita do aumento da superfície de contato do produto com o alvo, para que haja uma melhor cobertura (CHECHETTO *et al.*, 2014). Diferentemente dos produtos de ação sistêmica, que não são tão dependentes da qualidade da cobertura, permitindo o uso de pontas que produzam gotas maiores.

Figura 1 - Representação da cobertura oferecida pela pulverização com diferentes tamanhos de gota.



Fonte: Pereira; Moura; Pinheiro (2015).

Figura 2 - Representação gráfica da direção e deposição das gotas sobre um alvo.



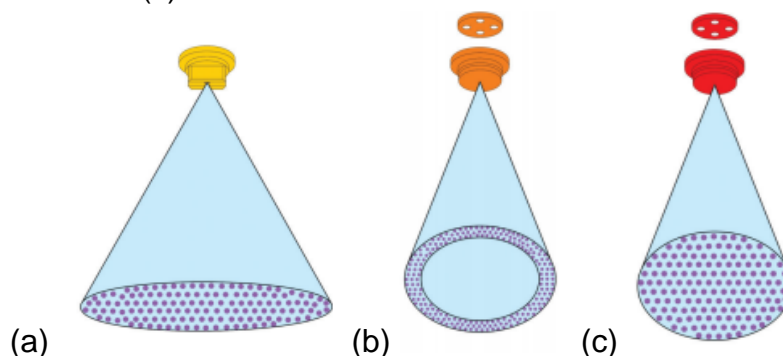
Fonte: Contiero; Biffe; Catapan (2018).

Em síntese, a aplicação de defensivos requer a análise das diferentes variáveis envolvidas durante o processo de pulverização, a fim de selecionar a técnica mais adequada (FERRER, 2014). Nesse sentido, segundo o autor, tem-se como desafio o desenvolvimento de tecnologias que possibilitem aplicações mais eficientes e com maior eficácia nos controles.

2.1.1 Pontas de pulverização

Segundo Negrisoni (2018), as pontas de pulverização são consideradas os componentes mais importantes na tecnologia de aplicação, por meio delas a calda é forçada a passar sob pressão pelo orifício da ponta, ocorrendo o fracionamento do líquido em gotas. A correta seleção da ponta engloba a análise de diferentes aspectos: a situação no campo, a necessidade de cobertura, tamanho e densidade das gotas, classe e o modo de ação do produto, volume de aplicação e perdas por deriva (NEGRISONI, 2018). Para tanto, de acordo com Marangoni Junior (2018), existem no mercado diversos modelos, os mais comuns são: leque ou jato plano (Figura 3a), cone vazio (Figura 3b) e cone cheio (Figura 3c).

Figura 3 - Imagem ilustrativa dos padrões dos jatos de pulverização: (a) leque ou jato plano; (b) cone vazio e (c) cone cheio.



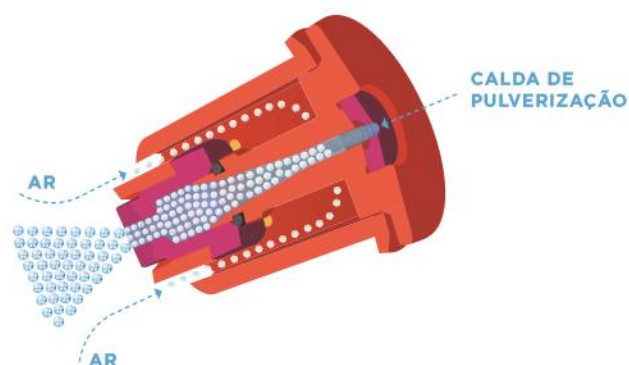
Fonte: Pereira; Moura; Pinheiro (2015).

As pontas de jato cônico possuem um dispositivo interno com uma ou mais aberturas, que têm como finalidade promover uma rotação do líquido em uma pequena câmara antes do orifício de saída, assim, ao sair, o líquido tangencia a borda circular do orifício em formato cônico (CONTIERO; BIFFE; CATAPAN, 2018). As pontas de cone vazio são indicadas para aplicações sobre massas vegetais com grande superfície como, por exemplo, culturas em pleno desenvolvimento (MARANGONI JUNIOR, 2018). De acordo com o mesmo autor, pontas de cone cheio produzem gotas mais grossas em comparação com às de cone vazio, sendo indicadas para aplicações em pré-emergência.

Nas pontas de jato leque o líquido é forçado a passar por um orifício de forma elíptica ou retangular, trabalham com pressões inferiores em relação as cônicas e são utilizadas na aplicação de herbicidas ou pulverização em superfícies planas (CONTIERO; BIFFE; CATAPAN, 2018).

Como forma de reduzir a deriva, tem-se a disposição pontas de indução de ar (ALVES, 2016). As pontas de indução se diferem das demais por adicionar ar no interior das gotas seguindo o princípio de um tubo de Venturi, a Figura 4 ilustra como ocorre esse processo. O líquido passa pelo orifício de entrada na ponta que aumenta sua velocidade, gerando uma pressão negativa que, por sua vez, succiona o ar atmosférico através dos orifícios de entrada de ar (MOTA, 2011), A mistura de ar resulta no aumento das gotas, diminuindo o potencial de deriva desse tipo de ponta (ELLIS *et al.*, 2002).

Figura 4 - Esquema de funcionamento de ponta com indução de ar.



Fonte: Máquinas Agrícolas Jacto S/A, Brasil. Disponível em: <<https://blog.jacto.com.br/bicos-com-inducao-de-ar/attachment/12/>>

Griesang *et al.* (2017), quantificaram a redução da deriva em diferentes tipos de ponta e observaram que a utilização do modelo com sistema de indução de ar, sem adjuvante, reduziu em 74% a deriva. Ao incluir o adjuvante, houve uma redução mais significativa, chegando a 80%. De forma semelhante, Madureira, Raetano e Cavalieri (2015) constataram que a ponta com indução de ar apresentou menor risco potencial de deriva quando comparada com a ponta sem esse sistema, segundo os autores isso se deve ao fato de haver uma menor porcentagem de gotas com $\leq 100 \mu\text{m}$.

Durão e Boller (2017), avaliaram diferentes tipos de pontas de pulverização: jato plano com e sem indução de ar, jato plano duplo e jato cônico vazio e verificaram que a severidade da ferrugem asiática varia de acordo com o modelo de ponta utilizada. Os autores concluíram que as aplicações com as pontas com indução de ar e com jato duplo com espectro de gotas médio, reduziram a severidade da doença no dossel superior e inferior da cultura da soja.

2.2 Avaliação da eficácia em aplicações terrestres

Apesar da eficácia dos defensivos agrícolas, a escolha inadequada da técnica ou equipamento para realizar a aplicação acaba por prejudicar a ação dos produtos (MARTINI, 2017). Nesse sentido, pesquisas têm sido realizadas com o intuito de melhorar a deposição e diminuir as perdas durante a operação. Cunha, Marques e Alves (2016), avaliando o efeito da pressão em diferentes modelos de ponta na deposição da calda na soja, concluíram que a ponta que gerou gotas de menor

tamanho propiciou maior deposição do produto, tanto nas folhas superiores quanto nas folhas inferiores. Além disso, o aumento da pressão de trabalho acarretou na diminuição da deposição nas folhas inferiores.

Boller e Machry (2007), observaram que o aumento da pressão de pulverização refletiu no melhor controle de picão-preto na cultura da soja. Os autores verificaram que a pressão mais baixa estudada (100 kPa) se mostrou inferior às demais, esse comportamento foi atribuído à redução do tamanho das gotas e aumento da cobertura ocasionado pelo aumento da pressão de trabalho, outra possível causa considerada é que à pressão mais baixa, as pontas não conseguem abrir completamente o ângulo do jato, resultando em uma distribuição irregular.

A escolha do volume de aplicação ideal deve estar relacionada com a necessidade de cobertura, características e modo de ação do produto e com as características da cultura, levando em consideração que plantas com maior índice foliar requerem maior volume de calda, em comparação com cultivares de menor enfolhamento (COSTA, 2009). Camolese e Baio (2016), comparando dois volumes de aplicação (40 e 70 L ha⁻¹) na cultura do algodoeiro, constataram maior deposição nas folhas do estrato superior pela pulverização do maior volume no período vespertino, já no período noturno, houve acréscimo dos depósitos no estrato inferior do algodoeiro com o aumento do volume, associado à presença de adjuvante na calda pulverizada.

Ao comparar três pontas de pulverização com três volumes de calda diferentes (jato cônico JA 1 – 100 L ha⁻¹; jato plano duplo DB 110015 - 150 L ha⁻¹ e jato plano TJ60 11002 - 200 L ha⁻¹) no controle da brusone do trigo, Boaretto *et al.* (2017), observaram que a utilização de maior volume de calda com a ponta TJ60 11002 diminuiu a severidade da doença, indicando que o aumento do volume aplicado e a deposição pela frente e por trás da espiga, pode ter sido fundamental para o controle da patologia. Os autores verificaram ainda, maior porcentagem de gotas com diâmetro menor que 100 µm no modelo de jato cônico tendo, portanto, maior suscetibilidade em sofrer perdas por deriva, em contrapartida, ambas as pontas de jato plano obtiveram menos de 15% de diâmetro inferior à 100 µm logo, são mais seguras para aplicações terrestres.

Balan *et al.* (2008), ao pulverizar uma solução salina em alvos de PVC em diferentes horas do dia, observaram que o aumento da temperatura e diminuição da umidade relativa do ar reduziram a deposição da calda na pulverização com gotas

finas e muito finas, no entanto, para ponta de indução de ar, que gera gotas grossas e muito grossas, essas alterações climáticas não alteraram significativamente a deposição. Buosi (2020), analisando a qualidade da pulverização em plantas de amendoim, verificou que gotas finas apresentaram maior valor de deposição de calda nos estádios V1 e R2, seguido dos tratamentos com gotas médias, grossas e muito grossas. Segundo a autora, a maior deposição promovida pelo tratamento com gotas finas está associada pela maior capacidade de adesão e penetração no dossel da planta.

2.3 Assistência a ar na barra de pulverização

A utilização da assistência a ar na aplicação de defensivos agrícolas remonta da década de 80, no Brasil, o início do desenvolvimento de equipamentos dotados com esse sistema data dos anos 90 (PRADO, 2012). A tecnologia de barra assistida a ar é composta por um ventilador axial que ao produzir um jato de ar com alta velocidade impulsiona as gotas em direção ao alvo, ao mesmo tempo que realiza a movimentação das folhas, permitindo o aumento da deposição nas camadas mais baixas do dossel da cultura, reduzindo assim, a possibilidade de deriva (OLIVEIRA; CANTERI; SAAB, 2016). A Figura 5 apresenta um pulverizador com o referido sistema.

Figura 5 - Pulverizador com sistema de assistência a ar na barra.



Fonte: Autora.

A assistência a ar junto à barra de pulverização é indicada principalmente para o uso com pontas que produzem gotas finas, pois as mesmas estão mais suscetíveis às perdas por deriva (PRADO *et al.*, 2010). Portanto, entende-se a importância que essa tecnologia apresenta principalmente para a aplicação de produtos que necessitam de boa cobertura, como os produtos de contato ou de menor ação sistêmica (CHRISTOVAM *et al.*, 2010).

A velocidade do ar varia de acordo com a rotação do ventilador e deve estar de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura pois, quanto maior o índice de área foliar, menores serão as perdas das gotas pela deflexão do ar (PRADO, 2012). Por outro lado, não é indicado o uso da assistência a ar em solos nus ou com plantas em estádios iniciais de desenvolvimento, uma vez que há aumento da deriva decorrente da deflexão do ar no solo (RAETANO; BAUER, 2004).

Avaliando o efeito da assistência a ar e três volumes de pulverização na dessecação e deposição da calda em arroz vermelho, Vigano e Raetano (2007) verificaram que a assistência a ar junto à barra de pulverização incrementou os depósitos para o volume de 300 L ha⁻¹, permitindo ainda, reduzir o volume de pulverização de 300 L ha⁻¹ para 100 L ha⁻¹, com boa eficiência de controle do arroz vermelho.

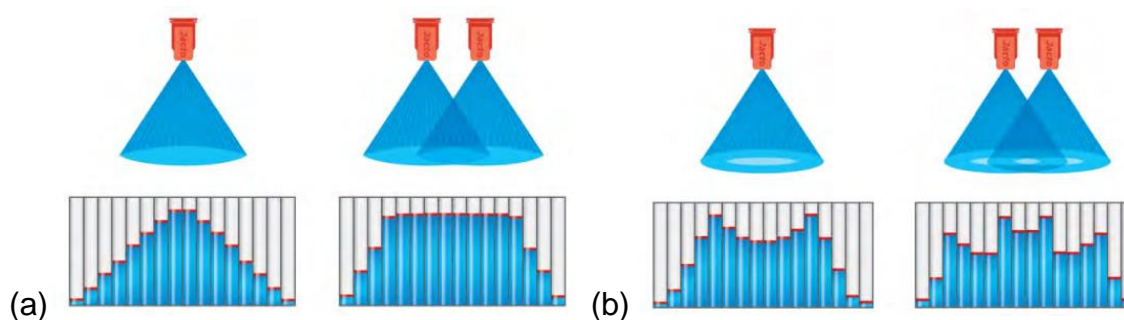
Christovam *et al.* (2010), compararam aplicações de defensivos utilizando barra de pulverização com e sem assistência a ar sobre alvos artificiais, bem como o efeito dessas tecnologias no controle da ferrugem asiática. Na parte superior das plantas, para a superfície adaxial das folhas, a assistência a ar com 11 km h⁻¹ proporcionou maiores depósitos. Quanto à superfície abaxial, a velocidade de ar máxima gerada pelo ventilador (29 km h⁻¹), obteve os melhores resultados. Na parte inferior das plantas não houve diferenças significativas entre os tratamentos. A assistência a ar proporcionou ainda, maior produtividade da soja, diferindo da pulverização convencional e testemunha.

Prado *et al.* (2010), observaram que o uso da assistência a ar na velocidade máxima de 29 km h⁻¹ contribuiu para o controle de lagartas na cultura da soja, obtendo um incremento de 15% na produtividade em comparação com a testemunha. Nos estudos de Aguiar Júnior *et al.* (2011) o uso da velocidade máxima gerada pelo ventilador na pulverização da mistura fungicida piraclostrobina + epoxiconazole mais o adjuvante Silwet L-77, também contribuiu para o melhor controle da ferrugem asiática, proporcionando aumento na produtividade da soja.

2.4 Distribuição volumétrica de pontas de pulverização

A uniformidade de distribuição volumétrica serve de referência para avaliar a qualidade em que o ingrediente ativo é distribuído no alvo, sendo que essa uniformidade é dependente do espaçamento entre pontas, pressão de trabalho, altura da barra em relação ao alvo e ângulo de abertura do jato das pontas de pulverização (VITÓRIA *et al.*, 2014). Negrisoli (2018), afirma que cada ponta possui um perfil de deposição característico (Figura 6), portanto, conhecer o comportamento das pontas em diferentes configurações se torna importante a fim de tornar a aplicação mais satisfatória.

Figura 6 - Representação do perfil de distribuição volumétrica de diferentes tipos de pontas: (a) ponta de jato leque ou jato plano; (b) ponta de jato cônico vazio.



Fonte: Máquinas Agrícolas Jacto S/A, Brasil. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/113062053-Bicos-e-acessorios-catalogo-geral.html>>

O coeficiente de variação é o critério mais utilizado para caracterizar a uniformidade da distribuição (LODWIK; PIETRZYK; MALESA, 2020). Assim, com base no padrão de distribuição individual das pontas, pode-se simular a sobreposição, calculando-se o coeficiente de variação da sobreposição resultante (NEGRISOLI, 2018).

Smith (1992), sugere 15% como coeficiente de variação máximo para aplicações em campo, já os estudos de Perecin *et al.* (1998) e Silva *et al.* (2014), trazem como aceitável o valor de até 10%, podendo haver um aumento levando em consideração as condições climáticas. O Comitê Europeu de Normalização requer que o coeficiente de variação fique abaixo de 7% ao considerar a altura da barra e pressão indicadas pelo fabricante, caso contrário, o coeficiente não pode exceder 9% (BAESSO *et al.*, 2009).

Bauer, Raetano e Pereira (2006) ao determinar o padrão de distribuição de pontas jato plano 11002 com e sem indução de ar, observaram diferenças entre as pontas relacionadas à largura da deposição, em que a ponta com indução de ar apresentou menor largura em todas as pressões e alturas testadas, segundo os autores, esse comportamento pode estar relacionado com a produção de gotas maiores. Espaçamentos menores não obtiveram coeficientes de variação aceitáveis, ao mesmo tempo que espaçamento de 0,6 m e altura de 0,5 m resultaram em coeficientes abaixo de 7%. A ponta de indução indicou ainda, maior sensibilidade às variações na sobreposição, em relação às pontas sem esse sistema.

Segundo Viana *et al.* (2010), as poucas opções de configurações de espaçamento e altura da barra para as pontas de indução de ar podem ser explicadas pela perda da energia cinética provocada pelo mecanismo de indução. Os autores perceberam que utilizando maiores pressões era possível operar com alturas menores e pontas mais espaçadas entre si, pois o aumento do ângulo do jato resultou na diminuição do coeficiente de variação.

Massola *et al.* (2018), avaliando o perfil de distribuição volumétrica das pontas modelos ATR 1 (jato cone vazio) e TVI 800075 (jato cone vazio com indução de ar), verificaram que o espaçamento entre as pontas afeta significativamente a qualidade da distribuição volumétrica. Além disso, os coeficientes de variação resultantes das sobreposições revelaram que a ponta TVI 800075 não permite espaçamentos maiores que 0,4 m, já a ponta ATR 1 apresentou bons resultados para os espaçamentos de 0,5 e 0,6 m.

Maciel *et al.* (2017), observaram que os perfis de distribuição das pontas tipo leque LD 1102 e jato cônico MAG-2 foram influenciados pela pressão e altura de trabalho. A primeira ponta obteve coeficientes de variação abaixo de 7% para a altura de 0,40 m nas pressões de 200, 300 e 400 kPa. O modelo MAG-2 não apresentou boa uniformidade de distribuição, ficando com coeficientes de variação acima do ideal, segundo os autores as pontas do tipo cone tendem a apresentar picos de volume na extremidade dos jatos, resultando assim, em uma aplicação ineficiente.

Avaliando o coeficiente de variação da distribuição volumétrica da ponta de jato leque AXI 11004, utilizando a assistência a ar na barra, Baesso *et al.* (2010) verificaram que tanto o aumento da pressão, quanto o aumento da rotação do ventilador melhoraram a distribuição volumétrica da calda nas alturas de 0,4 e 0,5 m.

No entanto, nos estudos de Baesso *et al.* (2009) a uniformidade da distribuição volumétrica foi prejudicada pela presença da assistência a ar, sendo que os coeficientes de variação aumentaram a medida que houve incremento na rotação do ventilador, atingindo o valor de 18,60% a 2800 rpm.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Mecanização Agrícola do Pampa (LAMAP), localizado na Universidade Federal do Pampa (Unipampa) na cidade de Alegrete (RS). O pulverizador utilizado é um exemplar da marca Jacto¹, modelo Falcon Vortex 600[®], com 28 bicos de pulverização espaçados em 0,50 m, com largura útil total de 14 m, altura de trabalho de 0,5 a 1,3 m, porta-bicos duplos e 600 litros de capacidade no reservatório de calda, bomba hidráulica de pistão com vazão nominal de 75 L minuto⁻¹, sistema de comando mecânico/hidráulico Master Flow[®] e acoplamento montado nos três pontos do sistema hidráulico do trator.

O sistema de assistência a ar na barra de pulverização é composto por um ventilador centrífugo acionado hidráulicamente com rotação variável controlada manualmente, o qual produz a vazão de ar necessária, sendo esta conduzida por dutos produzidos em material sintético. O sistema é capaz de produzir uma cortina de ar assistente junto à barra de pulverização, com velocidades variando de zero a 28 m s⁻¹ (MÁQUINAS AGRÍCOLAS JACTO, 2006). Para acionar o pulverizador, utilizou-se um trator marca New Holland, modelo TL 75, com 56 kW (75 CV) de potência na rotação nominal do motor (540 rpm na TDP). O conjunto trator mais pulverizador está exibido na Figura 7.

Figura 7 - Conjunto trator-pulverizador. Trator da marca New Holland, modelo TL 75 e pulverizador modelo Falcon Vortex 600[®].



Fonte: Autora.

¹ A citação de marcas comerciais não implica na sua recomendação (ou não) pela autora.

Os dados das condições ambientais na hora do ensaio foram obtidos junto à estação meteorológica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Farroupilha – Campus Alegrete, que armazena as informações no endereço eletrônico do Instituto Nacional de Meteorologia (INPE). As condições meteorológicas externas durante a realização do experimento, segundo dados do INPE (BRASIL, 2020), foram as seguintes: valores médios de temperatura de 13°C, umidade relativa do ar de 81% e velocidade do vento de 0,9 m s⁻¹. Os ensaios foram efetuados em ambiente coberto e fechado com o intuito de controlar o efeito do vento ambiente, sendo que os valores internos de umidade e temperatura permaneceram semelhantes aos registrados no exterior do laboratório.

A análise da distribuição volumétrica das pontas de pulverização foi realizada por meio do emprego de mesa de checagem de distribuição (Figura 8), confeccionada com base na norma E641-01 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, 2012), constituída de uma chapa de metal corrugada formando 23 canaletas espaçadas 0,05 m entre si, com uma largura total de 1,15 m, com coletores individuais do líquido pulverizado ao final de cada canaleta. A mesa foi posicionada abaixo da barra de pulverização com a ponta centralizada a uma altura de 0,35 m. Para a coleta do líquido pulverizado (água), seguiu-se a recomendação da norma ISO 5682-1 (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1996), que orienta que a coleta deve ser feita até que um dos tubos atinja 90% de sua capacidade.

Figura 8 - Mesa de checagem para análise da distribuição volumétrica das pontas, confeccionada com base na norma ASTM E641-01.



Fonte: Autora.

Aferiu-se o volume de cada canaleta indiretamente por meio da altura da coluna formada pelo líquido pulverizado. Para tanto, foi realizada a calibragem individual das canaletas, medindo-se a altura da coluna para dois volumes conhecidos: 50 e 100 mL. De posse das respectivas alturas, foram determinados os dois coeficientes de uma função linear de primeira ordem, que relaciona altura e volume, por meio de uma planilha no MS Excel. Após a deposição do líquido sobre a mesa de checagem, a mesma foi posicionada verticalmente e realizado o registro fotográfico das colunas formadas para posterior análise. As fotos foram transferidas para o computador e utilizando, o software livre de editoração eletrônica de imagens, Inkscape, mediu-se as alturas do líquido em cada canaleta e em seguida, convertidas para volume pela planilha citada anteriormente.

Para simular o vento ambiente foram posicionados dois ventiladores centrífugos elétricos de frente para a mesa de distribuição (Figura 9), ambos da marca Joape modelo Guarujá, de velocidade variável e diâmetro igual a 0,5 m. Para aferição da velocidade do vento do ar assistente e do vento ambiente simulado, utilizou-se um anemômetro digital de palhetas, marca Prova, modelo AVM-01.

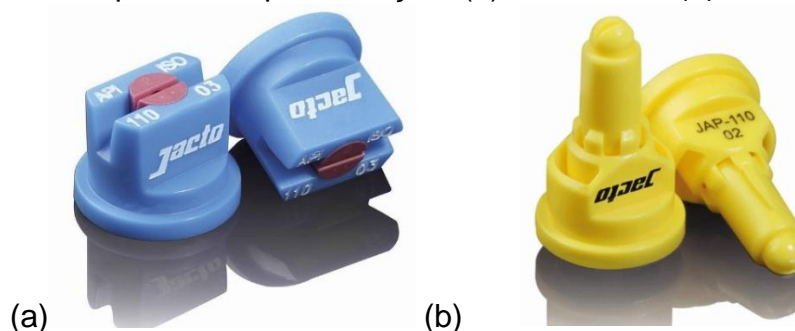
Figura 9 - Esquema da posição da mesa de checagem, dos ventiladores e da barra de pulverização



Fonte: Autora.

Para compor os tratamentos, foram utilizadas três velocidades do ar assistente: 0, 15 e 28 km h⁻¹, combinadas com três velocidades de vento ambiente simulado: 0, 8 e 12 km h⁻¹ em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições em um total de 36 observações. Foram utilizados dois exemplares de pontas de pulverização de jato leque plano da marca Jacto: API 11003 e JAP 11002, essa última com sistema de indução de ar. Na Figura 10 são apresentados os modelos das pontas e na Tabela 1 estão dispostas as especificações. A pressão de pulverização utilizada foi de 413,7 kPa (60 psi), pressão necessária para produzir gotas finas, de acordo com o fabricante.

Figura 10 - Modelos de pontas de pulverização: (a) API 11003; (b) JAP 11002



Fonte: Máquinas Agrícolas Jacto S/A, Brasil. Disponível em: <<https://jacto.com/brasil/products/bicos-e-acessorios>>

Tabela 1 - Especificações das pontas.

Ponta	Ângulo de aplicação	Vazão nominal (L min ⁻¹)	Material de fabricação
API 11003	110°	1,134	Cerâmica
JAP 11002	110°	0,756	Plástico

Fonte: Adaptado de Máquinas Agrícolas Jacto S/A, Brasil. Disponível em: <<https://jacto.com/brasil/products/bicos-e-acessorios>>

A partir do padrão de distribuição individual das pontas, foi simulada a sobreposição de várias pontas espaçadas a 0,50 m, como ocorre na barra pulverizadora, conforme Bauer e Raetano (2004). Para tanto, desenvolveu-se um programa computacional utilizando a linguagem computacional MATLAB® (*Matrix Laboratory* - Laboratório de Matrizes). O programa importa os valores dos volumes calculados na planilha MS Excel, simulando a sobreposição de acordo com o número de canaletas em que houve deposição de líquido e o número de canaletas que serão sobrepostas. Por fim, calculou-se os coeficientes de variação (CV%) para cada repetição, obtidos por meio do desvio padrão dividido pela média do volume coletado.

Com base nos valores de CV resultantes da execução do programa, avaliou-se a uniformidade da distribuição do líquido. Inicialmente, por tratarem-se de dados percentuais, os mesmos foram transformados pelo arco seno raiz da proporção por apresentarem um valor máximo estabelecido (100%) e, em seguida, foi testada a hipótese de normalidade dos dados. Constatada essa condição, os dados foram submetidos à análise da variância e as médias do CV comparadas pelo teste de Tukey com 5% de probabilidade de erro, segundo metodologia de Cunha (2008).

Para comparação dos CV entre as pontas de pulverização, foi testada a hipótese de homogeneidade das variâncias e utilizado o teste “T Pareado” ($\alpha = 0,05$) por se tratarem de apenas dois tratamentos submetidos às mesmas condições comparadas aos pares. As análises foram realizadas com o MS Excel.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Perfil de distribuição volumétrica individual das pontas

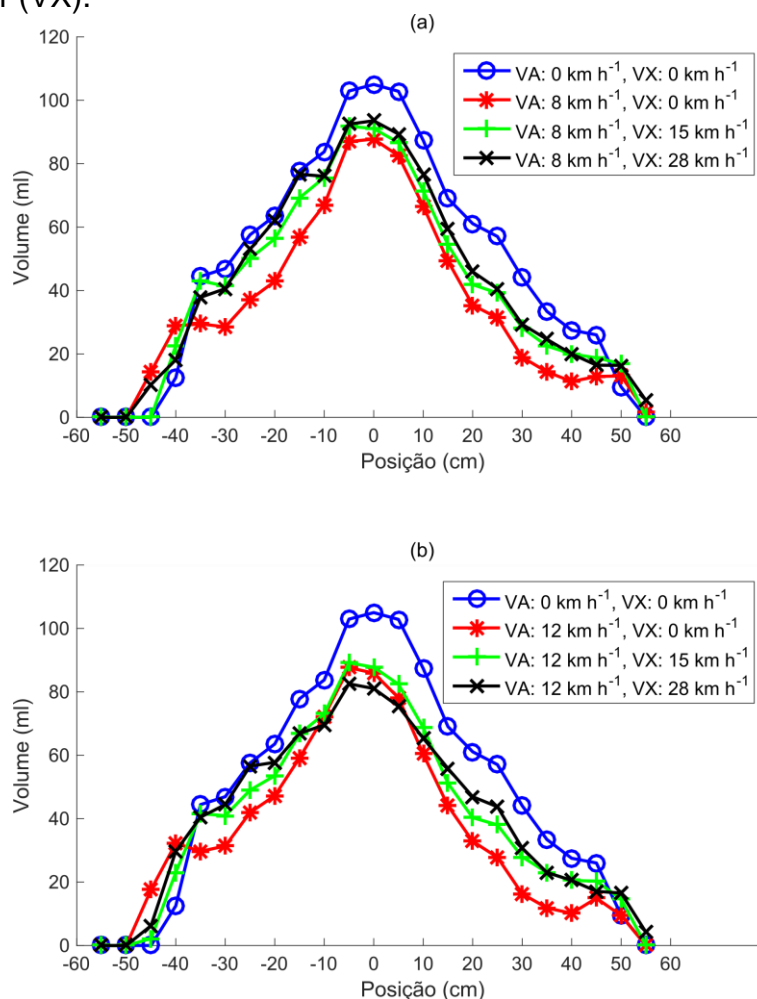
O perfil da distribuição volumétrica de cada ponta trabalhando isoladamente a 0,35 m de altura, com as três velocidades de vento ambiente e vento assistente estão apresentadas nas Figuras 11 e 12. Observa-se que ambas as pontas apresentam maior volume de calda no centro com gradativa redução nas extremidades, formando um padrão de distribuição próximo ao triangular. Segundo Lodwik, Pietrzyk e Malesa (2020), é natural que esse tipo de ponta alcance uma distribuição de líquido decrescente, à medida que se afasta do eixo da ponta. Pontas com esse perfil são indicadas para aplicação em área total, com sobreposição dos jatos (MATUO *et al.*, 2001).

Comportamentos semelhantes foram encontrados por Bizinoto *et al.* (2014) e Maciel *et al.* (2017) ao avaliarem o perfil de distribuição de pontas de jato plano. Segundo os autores, perfis triangulares garantem boa sobreposição dos jatos e conseqüentemente boa uniformidade do conjunto.

Viana *et al.* (2010) e Ferreira *et al.* (2011), observaram que pressões a partir de 200 kPa, aumentam a faixa de aplicação, com menor volume de líquido depositado no centro do perfil, pois há maior deslocamento das gotas para as extremidades em função do aumento do ângulo do jato e diminuição do tamanho das gotas. Diante disso, conhecer o tipo de perfil que a ponta proporciona é primordial para fazer as recomendações de utilização, a fim de obter cobertura uniforme (CUNHA; RUAS, 2006).

Para a ponta API 11003 (Figura 11), os perfis com maiores volumes de líquido correspondem às condições em que não há vento, assim, com a adição do vento, houve redução do volume nos perfis. No entanto, pode-se observar na Figura 11a que a assistência a ar permitiu incremento da quantidade de líquido em comparação com o perfil em que há apenas a utilização do vento ambiente.

Figura 11 - Perfis de distribuição volumétrica da ponta API 11003 trabalhando isoladamente com: (a) vento ambiente (VA) a 0 e 8 km h⁻¹ e três velocidades da assistência a ar (VX); (b) vento ambiente (VA) a 0 e 12 km h⁻¹ e três velocidades da assistência a ar (VX).



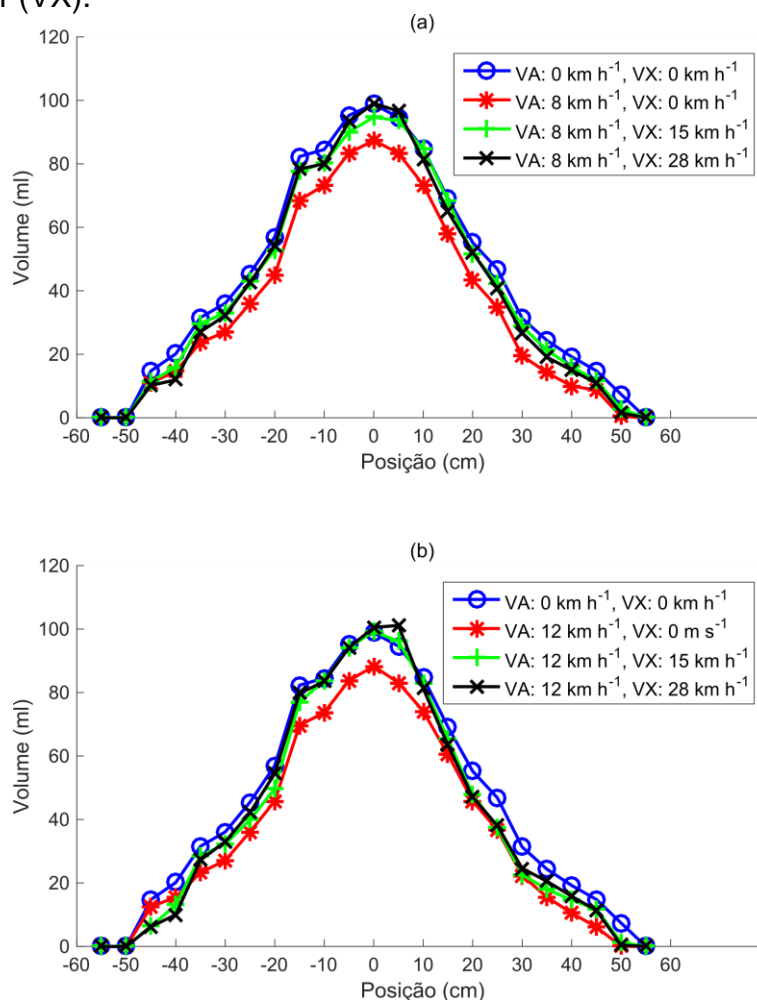
Fonte: Autora.

Para a ponta JAP 11002 (Figura 12), os menores volumes de líquido encontram-se nos perfis em que havia apenas vento ambiente, no entanto, adicionando a assistência a ar houve aumento da quantidade de líquido. Fica evidente a eficiência da assistência a ar na presença de vento ambiente, pois permitiu que os perfis se igualassem àqueles com nenhum tipo de vento.

Gimenes Junior *et al.* (2012), avaliando a performance da assistência a ar, observaram aumento no volume de calda para ponta de jato plano nos estágios V4 e V10 na cultura do milho, em comparação com a pulverização convencional. Resultados apresentados por Bauer e Raetano (2000) mostram que a utilização da assistência a ar junto à barra de pulverização proporcionou maiores níveis de volume de calda na cultura da soja, principalmente nas posições inferior e média. De

acordo com os autores, a ocorrência de maiores depósitos nessas posições está atrelada ao fato da maior movimentação das folhas e do aumento da velocidade das gotas, influenciando na captura das mesmas.

Figura 12 - Perfis de distribuição volumétrica da ponta JAP 11002 trabalhando isoladamente com: (a) vento ambiente (VA) a 0 e 8 km h⁻¹ e três velocidades da assistência a ar (VX); (b) vento ambiente (VA) a 0 e 12 km h⁻¹ e três velocidades da assistência a ar (VX).



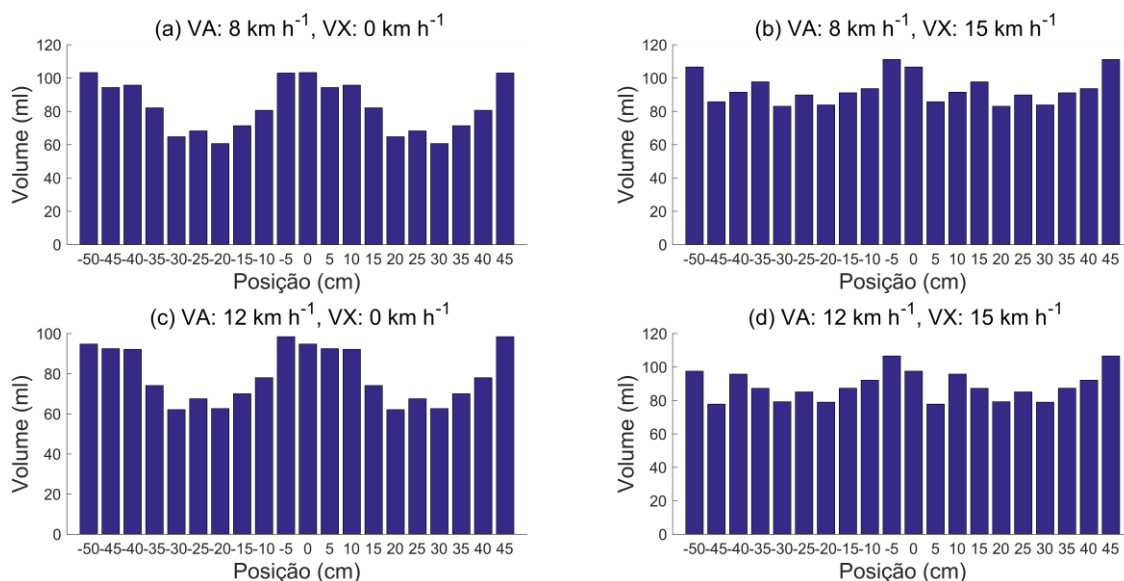
Fonte: Autora.

4.2 Uniformidade da distribuição volumétrica em barra total

As simulações da sobreposição da ponta API 11003 na presença de vento ambiente e de assistência de ar com espaçamento de 0,50 m estão apresentadas nas Figuras 13 e 14. Os gráficos expressam na abscissa a posição das canaletas e na ordenada, os volumes de aplicação. Pode-se notar que a presença da assistência a ar, tanto na velocidade e 15 km h⁻¹ (Figura 13) quanto na velocidade e 28 km h⁻¹ (Figura 14), permitiu uma sobreposição mais uniforme, reduzindo as zonas de

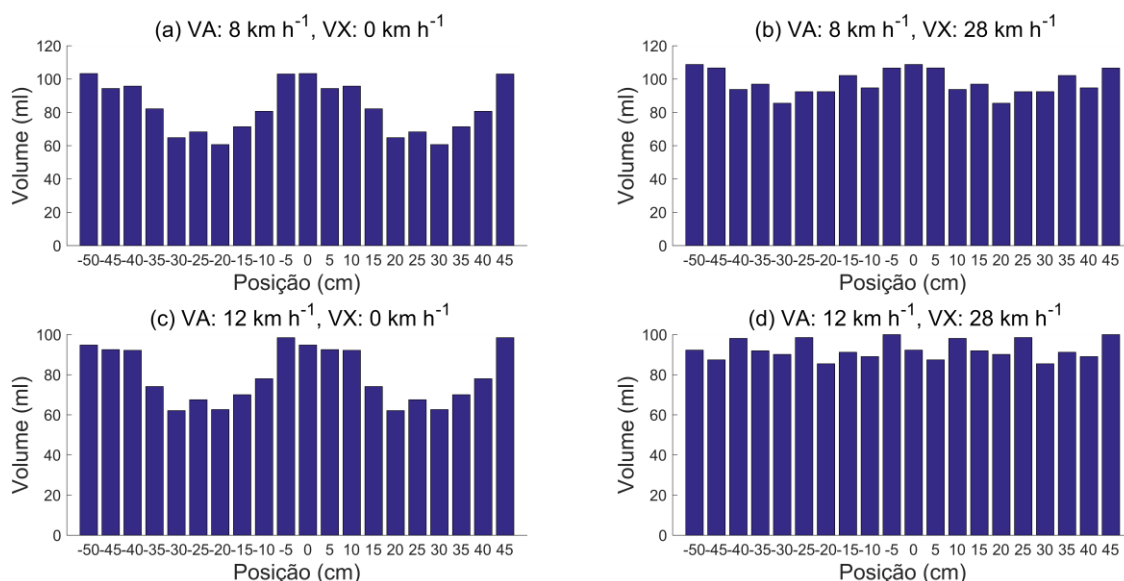
depressão ao longo da barra permitindo, portanto, boa uniformidade de distribuição do tratamento em área total (BAESSO *et al.*, 2009).

Figura 13 - Perfis de sobreposição da ponta API 11003, com espaçamento de 0,50 m, na presença de vento ambiente (VA) e da assistência a ar (VX): (a) VA a 8 km h^{-1} e VX a 0 km h^{-1} ; (b) VA a 8 km h^{-1} e VX a 15 km h^{-1} ; (c) VA a 12 km h^{-1} e VX a 0 km h^{-1} ; (d) VA a 12 km h^{-1} e VX a 15 km h^{-1} .



Fonte: Autora.

Figura 14 - Perfis de sobreposição da ponta API 11003, com espaçamento de 0,50 m, na presença de vento ambiente (VA) e da assistência a ar (VX): (a) VA a 8 km h^{-1} e VX a 0 km h^{-1} ; (b) VA a 8 km h^{-1} e VX a 28 km h^{-1} ; (c) VA a 12 km h^{-1} e VX a 0 km h^{-1} ; (d) VA a 12 km h^{-1} e VX a 28 km h^{-1} .

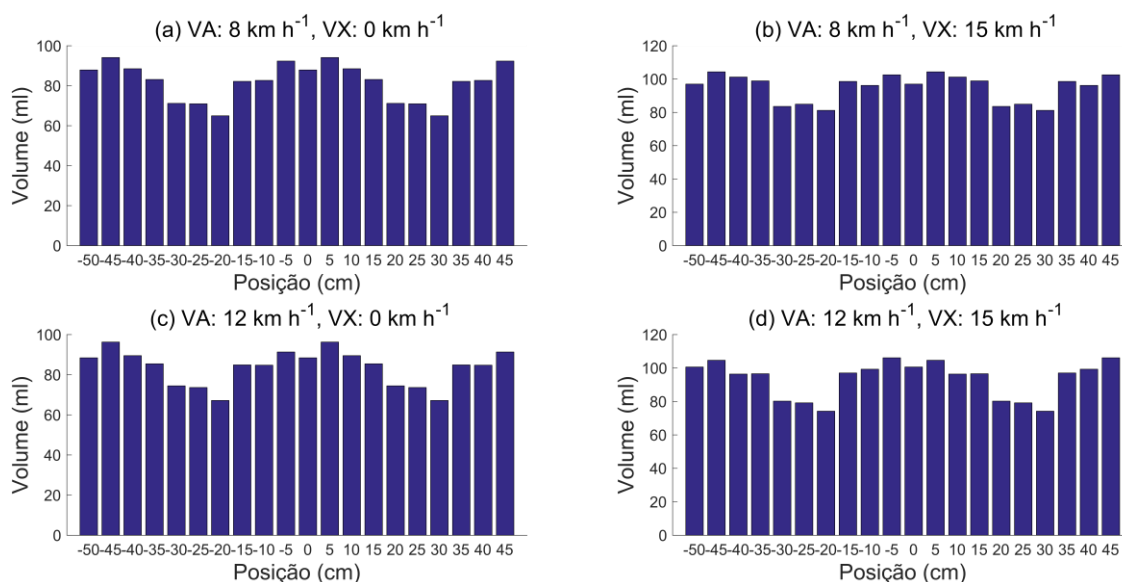


Fonte: Autora.

Analisando a sobreposição da ponta JAP 11002 (Figuras 15 e 16), percebe-se que a utilização da assistência a ar teve menor influência em minimizar as irregularidades ao longo do perfil, no entanto, promoveu aumento do volume de líquido em cada canaleta. Ao comparar as duas pontas na presença do vento ambiente, percebe-se que o modelo JAP 11002 apresentou depressões menos acentuadas, indicando que pontas com indução de ar respondem melhor em condições adversas de trabalho.

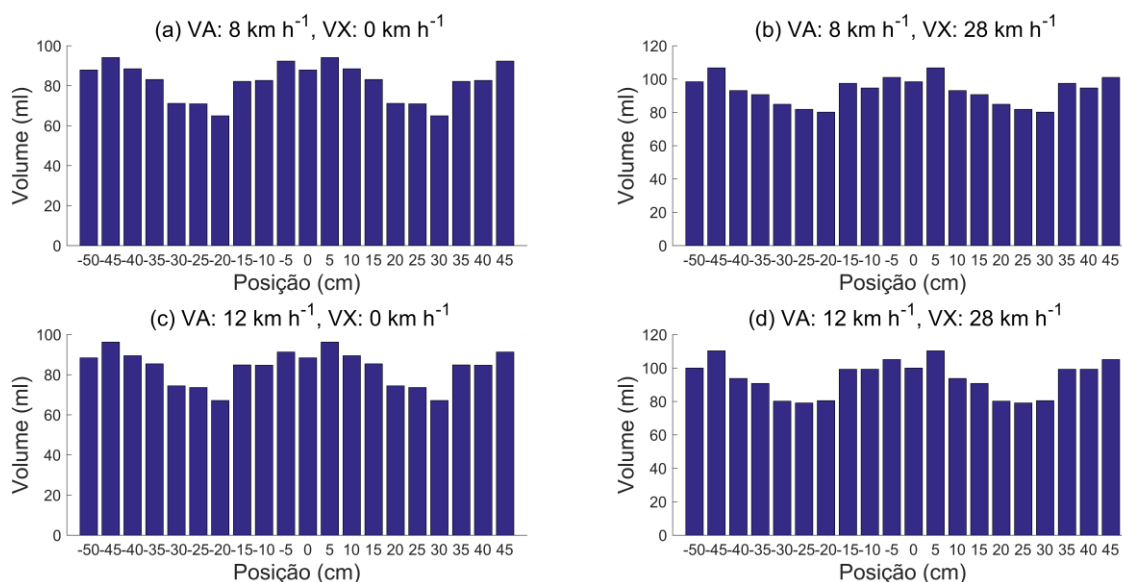
Estudos de Costa *et al.* (2012), ao avaliarem o efeito de pontas e pressões de pulverização sobre a deriva de glifosato + 2,4-D, mostraram que os herbicidas estiveram menos propensos à deriva com a ponta de jato plano AI 11002 com indução de ar. De forma semelhante, Costa *et al.* (2007), concluíram que a ponta de jato plano com indução de ar, modelo AVI 11002, promoveu menores valores de depósitos de deriva em diferentes pressões e intensidade de vento. Isto ocorre devido ao fato das pontas com indução de ar produzirem gotas maiores, fazendo com que sejam menos suscetíveis ao deslocamento pelo vento e volatilização.

Figura 15 - Perfis de sobreposição da ponta JAP 11002, com espaçamento de 0,50 m, na presença de vento ambiente (VA) e da assistência a ar (VX): (a) VA a 8 km h⁻¹ e VX a 0 km h⁻¹; (b) VA a 8 km h⁻¹ e VX a 15 km h⁻¹; (c) VA a 12 km h⁻¹ e VX a 0 km h⁻¹; (d) VA a 12 km h⁻¹ e VX a 15 km h⁻¹.



Fonte: Autora.

Figura 16 - Perfis de sobreposição da ponta JAP 11002, com espaçamento de 0,50 m, na presença de vento ambiente (VA) e da assistência a ar (VX): (a) VA a 8 km h⁻¹ e VX a 0 km h⁻¹; (b) VA a 8 km h⁻¹ e VX a 28 km h⁻¹; (c) VA a 12 km h⁻¹ e VX a 0 km h⁻¹; (d) VA a 12 km h⁻¹ e VX a 28 km h⁻¹.



Fonte: Autora.

A análise da variância demonstrou diferenças significativas e interação entre os fatores para a variável CV%. Nas Tabelas 2 e 3 são apresentados, respectivamente, os coeficientes de variação da distribuição volumétrica das pontas API 11003 e JAP 11002, trabalhando com as três velocidades do vento ambiente e da assistência a ar. Ao analisar individualmente os efeitos do vento ambiente através da média dos coeficientes de variação tem-se que a ausência do mesmo proporcionou os menores valores em ambas as pontas.

Na interação com a assistência a ar, a uniformidade de distribuição com menor coeficiente, considerando a ausência do vento ambiente, para a ponta API 11003 (Tabela 2) foi verificada com o vento assistente desligado. Os resultados corroboram com os de Baesso *et al.* (2009) que, ao avaliarem o coeficiente de variação volumétrico utilizando assistência a ar sem vento ambiente, também encontraram os menores valores de CV quando o vento assistente estava desligado. Este comportamento sugere que a utilização da assistência a ar de forma isolada tende a prejudicar o formato triangular do jato para essa ponta, comprometendo a uniformidade da sobreposição.

Tabela 2 - Coeficiente de variação (CV%) da distribuição volumétrica obtido com vento ambiente e vento da assistência a ar para a ponta API 11003.

Vento ambiente (km h ⁻¹)	Vento assistente (km h ⁻¹)			Média
	0	15	28	
	Coeficiente de Variação (CV%)			
0	7,04 Cb	9,30 Aa	8,95 Aa	8,43 C
8	18,75 Aa	9,62 Ab	7,75 Bc	12,04 A
12	17,59 Ba	10,20 Ab	5,99 Cc	11,26 B
Média	14,46 a	9,71 b	7,56 c	

Valores seguidos pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e minúsculas, nas linhas, não diferem a nível de 5% de probabilidade, segundo teste de Tukey.

Fonte: Autora.

Pode-se observar ainda que, com o aumento do vento ambiente, houve diminuição dos valores de CV à medida que foram utilizadas maiores velocidades do vento assistente. Destaque para a assistência a ar de 28 km h⁻¹, que apresentou CV de 5,99% na máxima velocidade do vento ambiente. Isso ocorre devido ao fato da velocidade do vento gerado pelo pulverizador ser maior que o vento ambiente (GARCIA *et al.*, 2004), permitindo que as gotas sejam conduzidas ao alvo.

Baesso *et al.* (2010), ao analisarem a uniformidade de distribuição de ponta de jato leque verificaram que a distribuição volumétrica melhorou com o aumento da rotação do ventilador da assistência a ar, havendo redução do coeficiente de variação de 6,93%, quando o ventilador estava desligado, para 4,08%, com a rotação de 2.800 rpm. Segundo Stanislavski, Antuniassi e Chechetto (2014), a assistência a ar melhora a deposição da pulverização e reduz a deriva, principalmente quando a velocidade do vento ambiente é superior à recomendada.

Na interação entre vento ambiente e assistência a ar para a ponta JAP 11002 (Tabela 3), os menores valores de CV foram encontrados quando ambos estavam na velocidade intermediária: 8 e 15 km h⁻¹, respectivamente. Já para o vento ambiente desligado, não houve diferença significativa entre o vento assistente a 0 e 28 km h⁻¹, indicando que a assistência a ar pode ser utilizada quando não há vento ambiente, diferentemente do que indicou a primeira ponta.

Percebe-se ainda, que a utilização da assistência a ar mostrou menor influência na redução dos valores do CV na presença do vento ambiente, em comparação com a primeira ponta, indicando que pontas de indução de ar produzem

gotas menos propensas à ação dos ventos, constituindo-se em fator auxiliar para redução da deriva nas pulverizações (CUNHA *et al.*, 2003).

Tabela 3 - Coeficiente de variação (CV%) da distribuição volumétrica obtido com vento ambiente e vento da assistência a ar para a ponta JAP 11002.

Vento ambiente (km h ⁻¹)	Vento assistente (km h ⁻¹)			Média
	0	15	28	
Coeficiente de Variação (CV%)				
0	7,68 Cb	10,09 Ba	8,22 Cb	8,68 C
8	11,89 Aa	8,37 Cc	9,28 Bb	9,85 B
12	10,55 Bb	12,18 Aa	11,36 Aab	11,36 A
Média	10,04 ab	10,22 a	9,62 b	

Valores seguidos pela mesma letra maiúscula, nas colunas, e minúsculas, nas linhas, não diferem a nível de 5% de probabilidade, segundo teste de Tukey.

Fonte: Autora.

Ao considerar apenas o efeito do vento assistente, os resultados indicaram, para ambas as pontas que, quanto maior a velocidade do vento, melhor será a distribuição volumétrica, apresentando, portanto, menores valores de coeficiente de variação. Raetano e Bauer (2003) verificaram que a assistência a ar com plena capacidade do ventilador aumentou os níveis de depósitos na superfície abaxial dos folíolos inferiores do feijoeiro. Christovam *et al.* (2010), ao comparar a aplicação de produtos fitossanitários utilizando barra de pulverização com e sem assistência a ar na cultura da soja, constataram maiores depósitos de pulverização na superfície abaxial das folhas na velocidade máxima gerada pelo ventilador (8 m s⁻¹). Segundo os autores, os maiores níveis dos depósitos com a maior velocidade do ar podem estar relacionados à maior deflexão do ar junto à superfície do solo.

O resultado da comparação das médias dos CV, utilizando o teste t pareado (Tabela 4), mostra que não houve diferença significativa entre as duas pontas, embora o modelo JAP 11002 apresente menor valor médio de CV. Bauer, Raetano e Pereira (2006), comparando o padrão de distribuição de pontas com e sem indução de ar em diferentes pressões e alturas da barra, também não obtiveram diferenças significativas no CV entre as pontas, no entanto, perceberam que aquelas com indução de ar são mais sensíveis às variações na sobreposição, em relação às pontas sem indução.

Tabela 4 - Resultado da comparação das médias dos coeficientes de variação (CV%) entre as pontas API 11003 e JAP 11002 pelo teste t pareado

Informação	Valor
Estatística T	0,9379547
Graus de Liberdade	35
P-valor	0,3546955
Média Ponta API 11003	10,57904
Média Ponta JAP 11002	9,961734
Desvio Padrão	3,948828
Tamanho da Amostra	36
Hipótese Alternativa: Diferente de	0
Nível de Confiança	95%
Limite Inferior	-0,7187875
Limite Superior	1,953395

Fonte: Autora.

De maneira geral, a presença da assistência a ar na barra de pulverização influenciou na uniformidade da distribuição volumétrica, corroborando os resultados de Viganò e Raetano (2007), no controle de arroz vermelho e Baesso *et al.* (2011), que quantificaram e avaliaram a distribuição da pulverização em plantas de feijão. Ambos mostraram que a assistência a ar aumentou a deposição de pulverização, havendo melhor penetração no dossel da cultura, devido ao fato do vento assistente empurrar as gotas durante todo o percurso até chegar ao alvo, reduzindo as perdas por deriva.

5 CONCLUSÕES

A uniformidade de distribuição volumétrica das pontas avaliadas é influenciada pelo vento ambiente e vento assistente.

Ambas as pontas estudadas apresentam padrão de distribuição triangular, permitindo a sobreposição dos jatos.

A assistência a ar junto à barra de pulverização, na presença de vento ambiente, melhorou a distribuição volumétrica, promovendo menores valores de CV. Para a ponta API 11003, a assistência a ar permitiu uma sobreposição mais uniforme, reduzindo as zonas de depressão ao longo da barra. Além disso, houve redução dos valores de CV à medida que a velocidade do vento assistente aumentou, com destaque para a velocidade máxima de 28 km h^{-1} .

A utilização da assistência a ar de forma isolada, sem a presença do vento ambiente, prejudicou a uniformidade da sobreposição para a ponta API 11003, sugerindo que o uso da assistência, para esta ponta, deve ser restrito para condições em que há vento ambiente. Por outro lado, para a ponta JAP 11002, a análise dos valores de CV indicou que a assistência pode ser utilizada em ambas as situações.

Apesar da assistência a ar ter tido menor influência na redução dos valores do CV na ponta de indução JAP 11002, o seu uso permitiu o aumento da quantidade de líquido pulverizado em cada canaleta. Além disso, apresentou um perfil de sobreposição menos irregular na presença apenas do vento ambiente, quando comparada com a ponta sem o sistema de indução.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR JÚNIOR, H. O. *et al.* Adjuvantes e assistência de ar em pulverizador de barras sobre a deposição da calda e controle de *Phakopsora pachyrhizi* (Sydow & Sydow). **Summa Phytopathol**, Botucatu, v. 37, n. 3, p. 103-109, 2011.
- ALMEIDA, D. P. **Tecnologia de aplicação de herbicidas na dessecação de coberturas vegetais**. 2014. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2014.
- ALVARENGA, C. B. de. **Avaliação de pulverizadores hidráulicos de barra na região de Uberlândia-MG**. 2009. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.
- ALVES, F. de L. **Protótipo de automação de baixo custo para pulverizadores de barra na aplicação de defensivos agrícolas**. 2016. 41 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2016.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM E641-01**: Standard Methods for Testing Hydraulic Spray Nozzles Used in Agriculture. West Conshohocken, PA, USA. 2012. 6 p.
- ANTUNIASSI, U. R.; BAIO, F. H. R. Tecnologia de aplicação de defensivos. *In*: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (org.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Passo Fundo, Embrapa Trigo, 2008. p. 174-175.
- BAESSO, M. M. *et al.* Avaliação da uniformidade de distribuição volumétrica de bicos hidráulicos em pulverizador com assistência de ar. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 17, n. 2, p. 120-127, 2009.
- BAESSO, M. M. *et al.* Uniformidade de distribuição de líquido e de ar ao longo da barra de pulverização. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 18, n. 4, p. 281-287, 2010.
- BAESSO, M. M. *et al.* Uniformity of liquid distribution in the canopy of the bean plant, using the spectrophotometric analysis. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 58, n. 6, p. 710-716, 2011.
- BAESSO, M. M. *et al.* Tecnologias de aplicação de agrotóxicos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, suplemento, p. 780-785, 2014.
- BALAN, M. G. *et al.* Deposição da calda pulverizada por três pontas de pulverização sob diferentes condições meteorológicas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 29, n. 2, p. 293-298, 2008.
- BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Assistência de ar na deposição e perdas de produtos fitossanitários em pulverizações na cultura da soja. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, n. 2, p. 271-276, 2000.

BAUER, F. C.; RAETANO, C. G. Distribuição de calda pelas pontas de pulverização XR, TP e TJ sob diferentes condições operacionais. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 275-284, 2004.

BAUER, F. C.; RAETANO, C. G.; PEREIRA, F. de A. R. Padrões de distribuição volumétrica de pontas de pulverização de jato plano 11002, com e sem indução de ar, sob diferentes espaçamentos e alturas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 546-551, 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil. **Estações automáticas**. Brasília, DF: INMET, 2020.

Disponível em:

<<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>.

Acesso em: 21 abr. 2020.

BIZINOTO, H. B. *et al.* Avaliações de características técnicas de pontas hidráulicas do tipo leque. *In: XLIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA*, 2014, Campo Grande. **Anais [...]** Campo Grande: Associação Brasileira de Engenharia Agrícola, 2014. Disponível em:

<<http://conbea14.sbea.org.br/2014/anais/R0540-1.pdf>>. Acesso em: 6 set. 2021.

BOARETTO, C. *et al.* Deposição de calda em espigas artificiais por três pontas de pulverização em aplicação de fungicida para o controle da brusone do trigo. **Revista de Estudos Vale do Iguaçu**, Canoinhas, v. 1, n. 30, p. 19-36, 2017.

BOLLER, W.; MACHRY, M. M. Efeito da pressão de trabalho e de modelos de pontas de pulverização sobre a eficiência de herbicida de contato em soja.

Engenharia Agrícola, Jaboticabal, v.27, n.3, p.722-727,2007.

BUOSI, G. G. P. **Influência de pontas de pulverização e tamanho de gotas na deposição em plantas de amendoim**. 2020. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Ilha Solteira, 2020.

CAMOLESE, H. da S.; BAILO, F. H. R. Deposição de calda aplicada em volume reduzido no período noturno na cultura do algodoeiro. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 9, n. 34, p. 365-373, 2016.

CAMPOS, S. F. B. **Tecnologia de aplicação eletrostática no controle químico de plantas daninhas avaliado visualmente e por imagem aérea**. 2019. 73 f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.

CHAIM, A. **Processos de aplicação de produtos fitossanitários e contaminação ambiental**. Jaguariúma: EMBRAPA-CNPDA, 1989. 24 p.

CHECHETTO, R. G. *et al.* Caracterização da taxa de aplicação e pontas de pulverização utilizadas no Estado de Mato Grosso. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 26, n. 1, p. 89-97, 2014.

CHRISTOVAM, R. de S. *et al.* Assistência de ar em barra de pulverização no controle da ferrugem asiática da soja. **Bragantina**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 231-238, 2010.

CONTIERO, R. L. *et al.* Deposição efetiva do produto pulverizado sobre cobertura vegetal de aveia-preta por diferentes pontas de pulverização. **Planta daninha**, Viçosa, v. 30, n. 4, 2012.

CONTIERO, R. L.; BIFFE, D. F.; CATAPAN, V. Tecnologia de Aplicação. *In*: BRANDÃO FILHO, J. U. T.; FREITAS, P. S. L.; BERIAN, L. O. S.; GOTO, R., comps. **Hortaliças-fruto** [online]. Maringá: EDUEM, 2018, p. 401-449. Disponível em: <<http://books.scielo.org/id/bv3jx/pdf/brandao-9786586383010-15.pdf>>. Acesso em: 9 maio 2021.

COSTA, A. G. F. *et al.* Efeito da intensidade do vento, da pressão e de pontas de pulverização na deriva de aplicações de herbicidas em pré-emergência. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 203-210, 2007.

COSTA, D. I. da. **Eficiência e qualidade de aplicações de fungicidas, por vias terrestres e aérea, no controle de doenças foliares e no rendimento de grão e milho**. 2009. 126 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Passo Fundo, Passo Fundo, 2009.

COSTA, A. G. F. *et al.* Efeito de pontas e pressões de pulverização na deriva de glyphosate + 2,4-D em condições de campo. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 11, n. 1, p. 62-70, 2012.

CUNHA, J. P. A. R. *et al.* Avaliação de estratégias para redução da deriva de agrotóxicos em pulverizações hidráulicas. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 21, n. 2, p. 325-332, 2003.

CUNHA, J. P. A. R. da; RUAS, R. A. A. Uniformidade de distribuição volumétrica de pontas de pulverização de jato plano duplo com indução de ar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 1, p. 61-66, 2006.

CUNHA, J. P. A. R. da. Análise da distribuição volumétrica de pontas de pulverização hidráulicas de jato plano. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 31, n. 1, p. 233-239, 2008.

CUNHA, J. A. R. da; MARQUES, R. S.; ALVES, G. S. Deposição da calda na cultura da soja em função de diferentes pressões de trabalho e pontas de pulverização. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 63, n.6, p. 761-768, 2016.

DURÃO, C. F.; BOLLER, W. Spray nozzles performance in fungicides applications for Asian soybean rust control. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 37, n. 4, p. 709-716, 2017.

ELLIS, M. C. B. *et al.* Design factors affecting spray characteristics and drift performance of air induction nozzles. **Biosystems Engineering**, v. 82, n. 3, p. 289-296, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA.
Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas. [S. l.]: Embrapa, 2006.

FAO. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS.
The impact of disasters and crises on agriculture and food security. Rome, 2021. 245 p.

FERREIRA, M. C. *et al.* Distribuição volumétrica e diâmetro de gotas de pontas de pulverização de energia hidráulica para controle de corda-de-viola. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 697-705, 2011.

FERRER, P. G. S. F. **Sistema de apoio à decisão em tecnologia de aplicação de precisão (SISD-TAP) para otimização da gestão de pragas nas culturas.** 2014. 174 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

GARCIA, L. C. *et al.* Dessecação da aveia-preta (*Avena strigosa Schreb*) com herbicida de contato, em presença ou não de assistência de ar junto à barra do pulverizador, em diferentes volumes de calda. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p.758-763, 2004.

GIMENES JUNIOR, M. *et al.* Air-assistance in spray booms which have different spray volumes and nozzle types for chemically controlling *Spodoptera rugiperda* on corn. **Journal of Plant Protection Research**, Botucatu, p. 247-253, v. 52, n. 2, 2012.

GRIESANG, F. *et al.* How much do adjuvante and nozzles models reduce the spraying drift? Drift in agricultura spraying. **American Journal of plant Sciences**, Irvine, v. 8, n. 11, p. 2785-2794, 2017.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 5682-1:** Equipment for crop protection – Spraying equipment – Part 1: test methods for sprayer nozzles. Geneva, 1996. 5 p.

LODWIK, D.; PIETRZYK J.; MALESA, W. Analysis of volume distribution and evaluation of the spraying spectrum in terms of spraying quality. **Applied Sciences**, Basileia, v. 10, n. 2395, p. 1-13, 2020.

MACIEL, C. F. S. *et al.* Distribuição volumétrica e espectro de gotas das pontas hidráulicas LD 11002 e MAG-2. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 183-199, 2017.

MADUREIRA, R. P.; RAETANO, C. G.; CAVALIERI, J. D. Interação pontas-adjuvantes na estimativa do risco potencial de deriva de pulverizações. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 2, p. 180-185, 2015.

MAIA, B. **Desenvolvimento e avaliação de um programa computacional para o ensino à distância de tecnologia de aplicação de agroquímicos.** 2009. 71 f.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

MÁQUINAS AGRÍCOLAS JACTO S/A. **Sistema Vortex**. São Paulo, 2006. 16 p.

MARANGONI JUNIOR, A. **Influência da pressão e da ponta de pulverização na distribuição de caldas em pulverizadores costais manuais**. 2018. 30 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2018.

MARTINI, A. T. **Inspeção técnica de pulverizadores agrícolas conforme a norma ISO 16122**. 2017. 192 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.

MASSOLA, M. P. *et al.* Spray volume distribution pattern and droplet size spectrum from ceramic nozzles. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 11, p. 804-809, 2018.

MATUO, T. *et al.* Tecnologia de aplicação e equipamentos. *In: ABEAS – Curso de proteção de plantas*. Módulo 2. Brasília, DF: ABEAS; Viçosa, MG: UFV, 2001. 85 p.

MOTA, A. A. B. **Quantificação do ar incluído e espectro de gotas de pontas de pulverização em aplicação com adjuvantes**. 2011. 63 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2011.

NEGRISOLI, M. M. **Otimização da pulverização e controle de *Phakopsora pachyrhizi* na cultura da soja**. 2018. 101 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2018.

OLIVEIRA, G. M. de; CANTERI, M. G.; SAAB, O. J. G. A. Meta-analysis of scientific studies related to pesticide application techniques-air assistance and adjuvant addition. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 12, p. 2122-2128, 2016.

PERECIN, D. *et al.* Padrões de distribuição obtidos com bicos TF-4, TJ60-11006 e TQ15006 em mesa de prova. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n. 2, p. 175-182, 1998.

PEREIRA, R. B.; MOURA, A. P. de; PINHEIRO, J. B. **Tecnologia de aplicação de agrotóxicos em cultivo protegido de tomate e pimentão**. Brasília: EMBRAPA, 2015.

PRADO, E. P. *et al.* Velocidade do fluxo de ar em barra de pulverização no controle químico de *Anticarsia gemmatalis*, Hübner e percevejos na cultura da soja. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p. 995-1004, 2010.

PRADO, E. P. **“Canopy Opener” e assistência de ar no controle da ferrugem asiática e produtividade da cultura da soja**. 2012. 98 f. Tese (Doutorado em

Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2012.

RAETANO, C. G. Assistência de ar em pulverizadores de barra. **Biológico**, São Paulo, v. 64, n. 2, p. 221-225, 2002.

RAETANO, C. G.; BAUER, F. C. Efeito da velocidade do ar em barra de pulverização na deposição de produtos fitossanitários em feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 2, 329-334, 2003.

RAETANO, C. G.; BAUER, F. C. Deposição e perdas da calda em feijoeiro em aplicação com assistência de ar na barra pulverizadora. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 309-315, 2004.

SANTOS, J. M. F. Aspectos críticos na aplicação de defensivos agrícolas. In: XIII REUNIÃO ITINERANTES DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Instituto Biológico, 2005, p.108-128.

SILVA, B. P. da. *et al.* Distribuição, diâmetro de gotas e fitotoxicidade de herbicidas aplicados em mudas de eucalipto com pontas de indução de ar. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Londrina, v. 13, n. 3, p. 225-234, 2014.

SMITH, D. B. **Uniformity and recovery of broadcast sprays using fan nozzles.** Transactions of the ASAE, St. Joseph, v. 35, n. 1, p. 39-44, 1992.

STANISLAVSKI, W. M.; ANTUNIASSI, U. R.; CHECHETTO, R. G. Umidificação do fluxo de ar em pulverizador de barra com assistência de ar. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 34, n. 1, p. 48-56, 2014.

VIANA, R. G. *et al.* Distribuição volumétrica e espectro de gotas de pontas de pulverização de baixa deriva. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 28, n. 2, p. 439-446, 2010.

VIGANO, L. S. V.; RAENTANO, C. G. Assistência de ar e volumes de aplicação na deposição de calda e no controle do arroz vermelho (*Oryza sativa L.*). **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 27, n. 3, p.734-741, 2007.

VITÓRIA, E. L. da. *et al.* Distribuição volumétrica e espectro de gotas de pontas de pulverização de jato cônico vazio DDC2 novas e usadas. **Revista Agro@ambiente**, Boa vista, v. 8, n. 3, p. 368-376, 2014.